

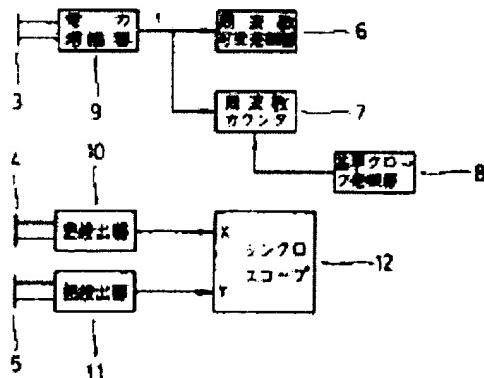
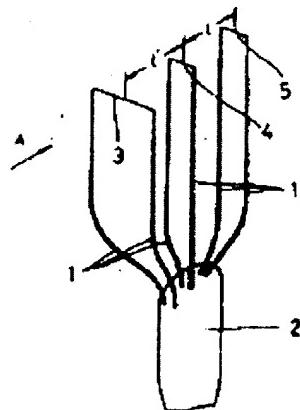
## DIRECT-READING CURRENT METER

**Patent number:** JP56153256  
**Publication date:** 1981-11-27  
**Inventor:** TAKAGI SHOHEI  
**Applicant:** NATL AEROSPACE LAB  
**Classification:**  
 - international: G01P5/00; G01P5/18  
 - european:  
**Application number:** JP19800056311 19800430  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP56153256

**PURPOSE:** To realize a direct reading for the speed of current, by detecting the vibrating fluid caused by heating with two pieces of detecting elements and then selecting the heating frequency so that the phase always satisfy a specific relation.

**CONSTITUTION:** The heating wire 3 is heated by the output obtained by amplifying 9 the output of the frequency variable oscillator 6, and the frequency at this moment is monitored by the counter 7. The heat current flows down by the heating of wire 3, and this heat current vibration is detected by the detecting elements 4 and 5. The outputs obtained at the heat detectors 10 and 11 are applied to the X and Y axes of synchroscope 12. Then the frequency of oscillator 6 is controlled to secure a phase difference of 180 deg. for the displayed waveform, and the speed of current is read directly from the frequency of counter 7 at the moment when the phase difference becomes 180 deg..



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
⑪ 公開特許公報 (A) 昭56—153256

⑫ Int. Cl.<sup>3</sup> 識別記号 廈内整理番号 ⑬ 公開 昭和56年(1981)11月27日  
G 01 P 5/00 7027—2F  
5/18 7027—2F 発明の数 1  
// G 01 F 1/68 7625—2F 審査請求 有

(全 6 頁)

④ 直読式流速計

② 特 願 昭55—56311  
② 出 願 昭55(1980)4月30日

⑦ 発明者 高木正平  
東京都府中市7782番地1府中マ  
ンション704号  
⑦ 出願人 航空宇宙技術研究所長

明細書

1. 発明の名称

直読式流速計

2. 特許請求の範囲

(1) 流体の上流に配置される加熱線と、下流に一定の間隔で配置される少なくとも2個の前記流体の熱変動を検知する検出素子とからなるプローブを有し、さらに、前記加熱線を周期的に加熱する周波数可変発振器と、前記両検出素子で検出される信号の位相差を検出する手段と、前記位相差を $180^\circ$ にしたときの前記加熱線の加熱の周波数から前記流体の流速を直接表示する周波数カウンタとを具備したことを特徴とする直読式流速計。

(2) 周波数カウンタは任意にカウント比を変更できるものである特許請求の範囲第(1)項記載の直読式流速計。

(3) プローブは、回転自在に支承され、かつ、流体の風向きに対し常に一定方向を保つものである特許請求の範囲第(1)項記載の直読式流速計。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、流体の流速を簡単な構成により直読できるようにした直読式流速計に関するものである。

流速測定には、一般にピトー静圧管を用いたマノメータがよく用いられる。この場合、流体の物性値(動粘性係数、マノメータに用いる流体など)が、温度、気圧などに依存するため、その都度流体の物性値を知る必要があつた。また、低速、とくに空気流の場合、流速が $2 \text{ m/s}$ 以下ではマノメータの使用が不可能となる欠点があつた。さらに、熱後流を用いて微風速をはかる方法も提案されているが、この方法は、プローブを3本の熱線で構成し、上流の熱線で気流に周期的な温度変動を与えて、下流に置かれた2本の熱線でそれを検出し、この検出した変動の波形を電気回路で比較することによつて、変動の移動速度を求め、これを直流電圧に変換して風速を指示させるものである。しかし、この方法は直読式ではなく、2検出素子の位相時間差を流速計出力との関係をあらかじめ求めておいて、流速を求める方式であるため、

測定を簡単に行うことができない。この他の公知の方法として、コバスナイ (Kovasznay) の提案した方法がある。これは、1本の加熱用細胞と下流方向に移動可能な検出素子を用いて、気流変動が丁度、1波長ずれる距離と周波数から流速を求めるものである。この方式は測定に時間がかかるばかりでなく、移動用機構も必要であるという欠点がある。

この発明は、上記の欠点を除去するためになされたもので、加熱振動した流体を2本の複出素子で検出し、位相が常に特定の関係を満すように加熱周波数を適ふことにより流速を直読できるようにした流速計を提供するものである。以下図面を参照してこの発明を説明する。

第1図はこの発明の一実施例を示すプローブ部分の斜視図、第2図は同じく電気回路のプロット図である。

第1図において、1は支柱で、2本ずつ3組の合計6本がエポキシ樹脂等の基体2に固定されている。3は加熱板で2本の支柱1の間に張架され

である。したがつて、 $2L/k = 1$  となるように距離  $L$  をあらかじめ決めておけば、加熱の周波数  $\nu$  そのものが流速を示すことになる。しかし、後述するように、 $2L/k$  は丁度 1 にならなくても流速直読は可能である。

第2図はこの発明の電気回路の一例を示すもので、符号3～5は第1回と同じものであり、6は周波数可変発振器、7は周波数カウンタ、8は基準クロック発生器であり、周波数可変発振器6の出力は周波数カウンタ7でその周波数が測定表示されるが、その計測は基準クロック発生器8から基準クロックの周波数を基準として行われる。9は電力増幅器で、周波数可変発振器6の出力を增幅して加熱線3に印加し加熱を行う。10、11は熱検出器で、それぞれ検出素子4、5で検出された熱変動波形を電気信号に変換する。12はシンクロスコープで、熱検出器10、11の出力を入力として両者の位相差がなくなる点を見い出すためのものである。

次に動作について説明する。

ている。4, 5は細解からなる熱検出用の検出素子で、これらも加熱膜3と同様に、それぞれ2本の支柱1の間に収集されている。

次に測定原理を第1図により説明する。

今、被測定流体の流れが矢印 A の方向であるとき、プローブは第 1 図のように上流側に加熱線 3 が、下流側に検出素子 4, 5 がくるように配置する。そして、加熱線 3 を周波数  $f$  Hz で周期的に加熱する。そして、後流の 2 本の検出素子 4, 5 の位相差が丁度  $180^\circ$  になるように前記周波数  $f$  Hz を調整する。位相差が丁度  $180^\circ$  ( $\pi$ ) になつたとき下記の関係が成立する。

ここで、 $U$ は流速 (cm/sec)

くは検出素子 4, 5 の間隔 (cm)

k は定数

第(1)式から、

上記第(2)式は、定数  $k$  と間隔  $l$  の他、流体の物理的性質によらないから、流体の種類、温度に無関係である。

上記の原理説明で述べたように、加熱線 3 をある周波数で加熱する。それには周波数可変発振器 6 の出力を電力増幅器 9 で増幅し、その出力を加えておこなう。その時の周波数は周波数カウンタ 7 で監視する。一方、加熱線 3 の加熱によって熱流が低下し、それを検出素子 4、5 が検知する。したがつて、熱検出器 10、11 から出力が出て、シンクロスコープ 12 の X 軸と Y 軸に印加される。したがつてシンクロスコープ 12 上の波形をみながら両者の位相差が  $180^\circ$  (π) になるように周波数可変発振器 6 の発振周波数を調整し、丁度  $180^\circ$  になつたとき、周波数カウンタ 7 の指示する周波数を読めば、それが求める流速となる。

上記の説明は、 $2^L/k = 1$ とした場合であつたが、 $2^L/k$  が 1 でない場合は基準クロツク発生器 B の基準クロツクの周波数を加減して周波数カウンタ T のカウント比を変え、見かけ上  $2^L/k = 1$  と同等に調整すれば、同様に流速を直読することができる。なお、上記のシンクロスコープ 12 に加え、他の位相差検出手段を用いてもよい。

さらに、位相差が $180^\circ$ になつたとき、自動的に発光ダイオードを点灯させるか、ロツクをかけるかの手段を付加してもよい。

次に実施例について述べる。

まず、2種類のプローブⅠ、Ⅱを用意した。加熱線3と検出素子4との間隔を $l'$ 、検出素子4と検出素子5との間隔を $l$ としたとき(単位cm)。

プローブⅠ： $l' = 0.131$ 、 $l = 0.433$

プローブⅡ： $l' = 0.396$ 、 $l = 0.455$

とした。これらの間隔はいずれも顕微鏡を使つて測定した。2本のプローブⅠ、Ⅱを用意した理由は、加熱線3からの熱の伝導(流速が0であつても検出素子4、5に熱の振動が伝わる)の影響を調べるためにある。結果的には測定した流速内で影響は見られなかつた。

第3図、第4図はそれぞれプローブⅠ、Ⅱによる流速Uと $180^\circ$ の位相差になつたときの周波数fとの関係の測定結果を示す。なお、第3図、第4図で流速Uの基準はカルマン渦法によつて算出した。すなわち、 $\nu$ を流体の動粘性係数、dを用

速度Uの揚げ)によつて、熱変動はゆがめられ、位相の比較が難しくなる。この限界はおよそ $150\text{ cm}/\text{s}$ 程度で、それ以上の流速測定にはむかひい。これは検出素子4、5が温度ばかりでなく、速度にも感度をもつことに原因する。したがつて上述の速度以上で用いる場合には、速度に不感な検出方法をとればよい。それには検出素子4、5に定電流方式を使用すればよい。

すなわち、検出素子4、5の細線にごくわずかの電流(細線が加熱しない程度、つまり風の冷却効果がない、太さ $3.75\text{ }\mu\text{m}$ の細線の場合、1~2mA程度)を流せば、流速 $U$ には感度はなくなる。この方式の場合、周波数fに対する特性は悪くなつて、例えば、太さ $3.75\text{ }\mu\text{m}$ の細線のときは出力が3dB減衰する周波数fは $200\text{ Hz}$ 程度で、位相も考慮すればさらに低下する。しかし、検出素子4、5と同じ太さの細線を用いれば、1次の誤差は消える。なお、温度検出方法として、流速 $U$ にも感度をもつ定温度方式は、周波数特性については何ら問題がないが、先に示したように、

いた円柱の直径として、

$$\frac{fd^2}{\nu} = 0.212 \frac{Ud}{\nu} - 4.5 \quad (50 < \frac{Ud}{\nu} < 150)$$

$$\frac{fd^2}{\nu} = 0.212 \frac{Ud}{\nu} - 2.7 \quad (300 < \frac{Ud}{\nu} < 2000)$$

を用いて算出した。この場合、第(1)式における定数 $k$ はそれぞれ0.82と0.81であつた。

第(2)式に従つて流速Uと加熱の周波数fは直線の関係を満しており、プローブの違いによる影響はなかつた。流速範囲は風洞の性能上、下限は $20\text{ cm}/\text{s}$ までしか測定はしていないが、さらに低速でも測定可能と思われる。また、上限は振動数fの増大に伴つて加熱気流の振幅が減少し、その検出が難しくなり、流速Uは $150\text{ cm}/\text{s}$ 程度であつた。しかし、後述するように電気的な処理を行えばさらに測定範囲を広げることができる。

上記実験の結果からもわかるように、流体の流速 $U$ が増大するにつれて、加熱の周波数fも増大し、流体に加えられる熱振動の振幅は次第に減少する。したがつて、風洞中に存在する速度変動(

流速Uに対する感度の変動)が重大な欠点となる。

第5図はこの発明の他の実施例を示す電気回路のプロック図である。上記第2図に示す実施例では、定温度方式であるため速度Uに感度があるばかりでなく、流れに加熱振動と無関係な変動が存在する場合には問題がある。しかし、現実にはこのような流れをとり扱うほうがむしろ多い。

検出方法や対象とする流れによつては種々の問題が生じるけれども、それぞれの特性を生かせば充分に実用に耐える。この実施例では上記の点から定温度方式を検出方法に用いて、その欠点を除去したものである。

今、流れの中に存在する変動が何であれ、注目しているのは加熱の周波数fだけであるから、何らかの方法で、この成分だけを抽出すれば先述の問題点は一気に解決される。この抽出器としてこの発明の実施例では帯域フィルタを用いた。しかし、注目した周波数fは常に流速によつて変わるから、いかなる周波数でも2つの帯域フィルタの特性が揃つてゐることが必要であり、同時に簡単

に中心周波数が変えられなければならない。これらの条件を満したのが第5図の実施例である。

第5図において、符号3～5、9～11は第2回と同じものであり、13、14は交流増幅器、15、16は中心周波数可変の帯域フィルタ、17は周波数可変発振器で、可変電源18の出力電圧を変化させると、その電圧値に応じた周波数の電圧を発生する。可変電源18は周波数可変発振器19にも印加されて、その出力周波数を変化させる。この実施例では、周波数可変発振器19で周波数21を発振させ、それを分周器20で1/2に分周して周波数1を得ている。21、22は低域フィルタであり、23はデジタルボルトメータである。また、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ は出力の位相である。

上記の実施例によると、可変電源18の出力電圧を、例えば可変抵抗器の回動のみで変え、自由に周波数を可変にすることができる。そして、帯域フィルタ15、16、低域フィルタ21、22によつて、注目している加熱流体を速度擾乱や電気的雑音か

な構成によつて流速を直読することができるので、利用価値がきわめて大きい。さらに、電気回路により流速の上限、下限の範囲を増大させることができ。また、周波数カウンタのカウント比を任意に変えられるようにすることにより、プローブの検出素子の間隔は必ずしも決められた一定間隔でなくとも直読を可能にすることができます。

また、プローブを流速の風向きに対し常に一定方向を保つようにしたので、プローブの位置決めによる誤差が介入しない等の多くの利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例のプローブ部分の斜視図、第2図は同じく電気回路のブロック図、第3図、第4図はこの発明の実験例の一例を示す流速と周波数との関係図、第5図はこの発明の他の実施例を示す電気回路のブロック図、第6図、第7図はいずれもこの発明のプローブ部分の他の実施例を示す斜視図である。

図中、1は支柱、2は基体、2aは支軸、2bは風向き用ペーン、2cは中空円筒、3は加熱線、

ら区別することができる。したがつて、流速が150 cm/S以上の測定についても可能となる。また、この実施例によると風洞などの風速調整を簡単にを行うことができる。なお、各部分はいずれも周知の構成であるので、その詳細は省略した。

第6図はこの発明の他の実施例を示すプローブ部分の斜視図で、基体2を支軸2aで回動自在に支承し、さらに基体2に風向き用ペーン2bを取り付けたものである。この構成によると、流れの風向きとプローブの軸との関係が一定になり、正確な測定ができる。

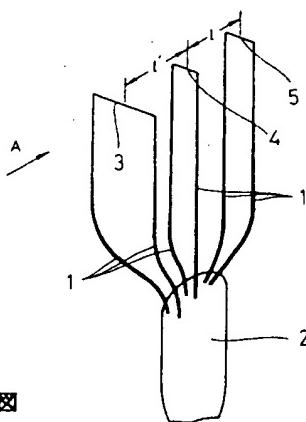
第7図は第6図と同じくプローブの他の実施例で、この実施例は流れが強い三次元性のある場合に向いている。すなわち、中空円筒2cを基体2に固定し、この中空円筒2c内に加熱線3、検出素子4、5が位置するようにし、中空円筒2cに風向き用ペーン2bを固着したものである。これによると、中空円筒2cの軸方向以外の周囲の流れに乱されることなく測定できる。

以上詳細に説明したように、この発明は、簡単

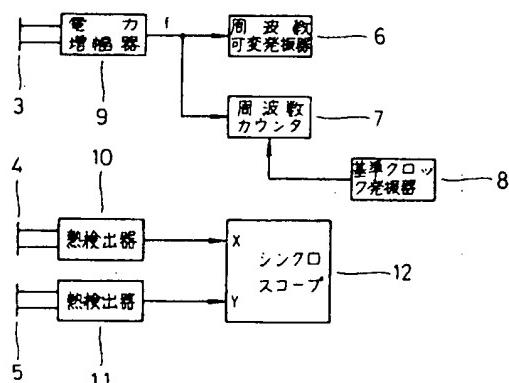
4、5は検出素子、6は周波数可変発振器、7は周波数カウンタ、8は基準クロック発生器、9は電力増幅器、10、11は熱検出器、12はシンクロスコープである。

特許出願人 航空宇宙技術研究所長 河崎俊夫

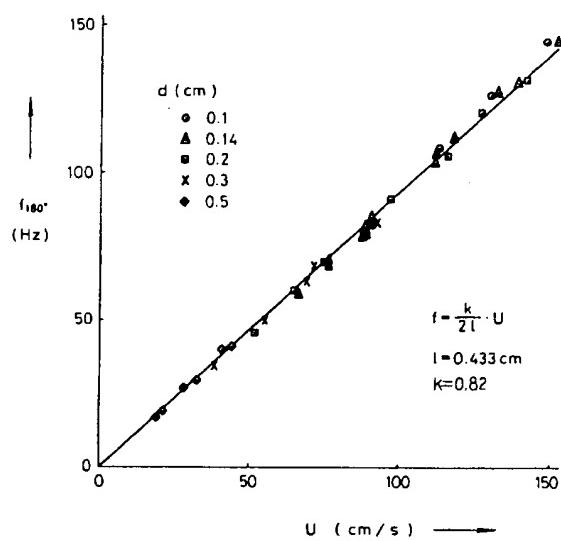
第1図



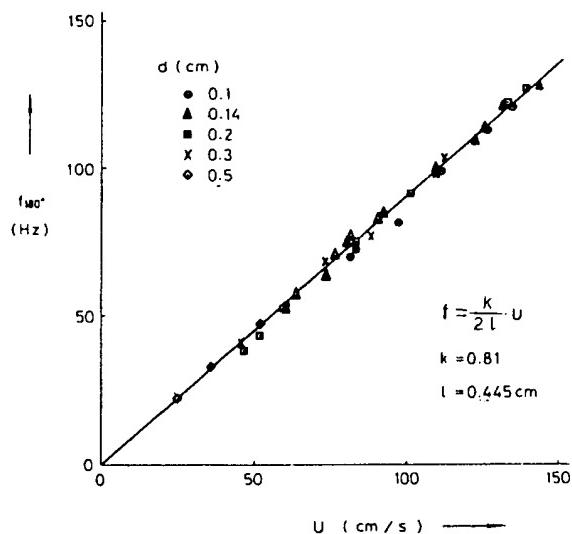
第2図



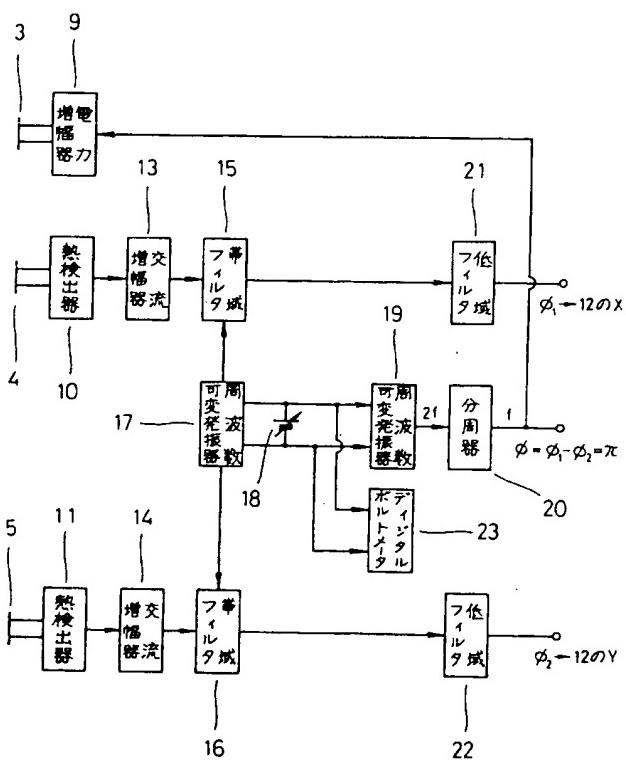
第3図



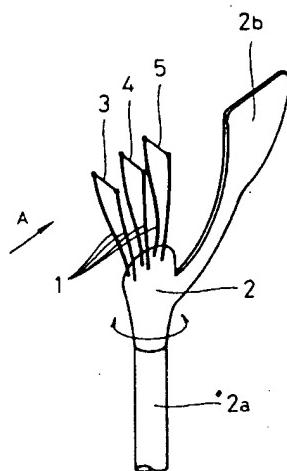
第4図



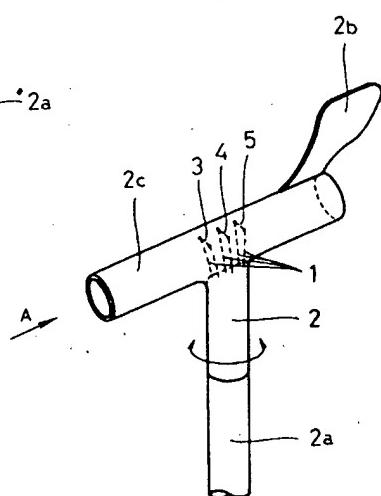
第5図



第 6 図



第 7 図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**